


이산화탄소 대기직접포집(DAC) 기술개발과 촉진 과제



❖ 일시 : 2023년 9월 20일(수) 15:00 (국회기후변화포럼 유튜브  생중계)

❖ 장소 : 국회의원회관 제2세미나실

❖ 주최 :  국회기후변화포럼  과학기술정보통신부  국가녹색기술연구소
NATIONAL INSTITUTE OF GREEN TECHNOLOGY

❖ 주관 : 대표의원 한정애·유의동 | 연구책임의원 임종성 | (정회원) 국회의원 강선우, 고용진, 기동민, 김상희, 김영주, 김윤덕, 박병석, 박영순, 안호영, 윤재옥, 이수진(지), 이용우, 이형석, 황보승희 | (준회원) 국회의원 김성주, 김승원, 김 응, 김한정, 남인순, 노웅래, 민홍철, 박 정, 변재일, 서범수, 설 훈, 신현영, 안병길, 양금희, 양이원영, 양정숙, 양향자, 윤재갑, 이만희, 이명수, 임이자, 조승래, 홍석준

진행순서

- **개회식 (15:00~15:20)** * 사회: 이성조 포럼 사무처장
 - 국민의례 / 내빈소개
 - 개 회 사 : 임종성 국회의원(포럼 연구책임의원)
 - 환 영 사 : 조승래 국회의원(포럼 의원회원)
 - 환 영 사 : 홍석준 국회의원(포럼 의원회원)
 - 축 사 : 이상협 국가녹색기술연구소 소장

* 주요인사 기념촬영

- **주제발표 (15:20~16:00)**
 - 국내외 DAC 연구개발 동향과 이산화탄소 전환 기술 과제
/ 이현주 한국과학기술연구원 책임연구원
 - DAC 기술 사업화 현황 및 국제사회의 지원정책 동향
/ 오채운 국가녹색기술연구소 책임연구원

- **패널 (16:00~16:50) / 좌장: 윤제용 서울대 교수(포럼 공동대표)**
 - 이유리 에너지기술연구원 선임연구원
 - 고동연 한국과학기술원 교수
 - 김기태 GS건설 책임연구원
 - 이찬영 과학기술정보통신부 기후환경대응팀장

- **질의응답 및 전체토론 (16:50~17:00)**

▶▶ 주제발표 I

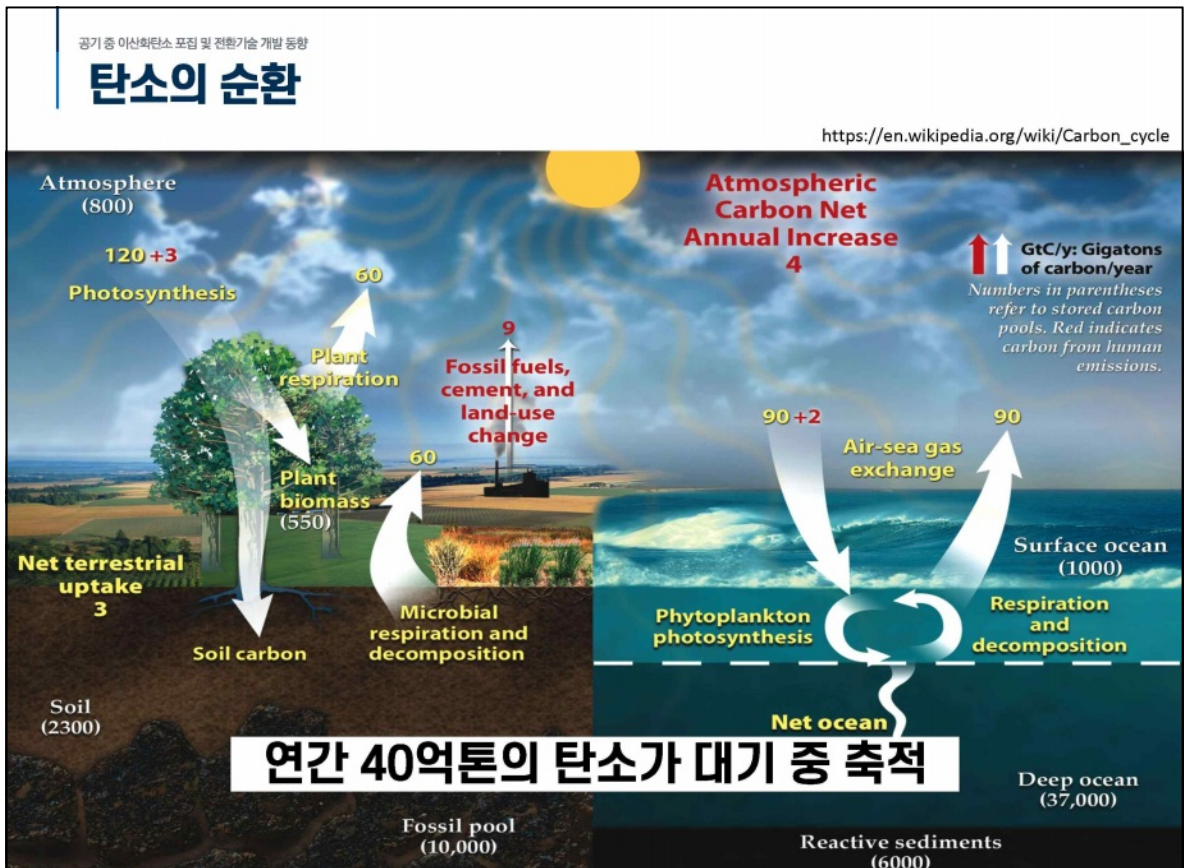


국내외 DAC 연구개발 동향과 이산화탄소 전환 기술 과제

이 현 주

한국과학기술연구원 책임연구원





공기 중 이산화탄소 포집 및 전환기술 개발 동향

지구의 위기

GLOBAL TEMPERATURE & CO₂

1880 2020

CARBON DIOXIDE

Nations Unies
Conférence sur les Changements Climatiques 2015
COP21/CMP11
Paris, France

- ▶ **파리 기후협약 (2015)**
전세계 온도상승을 +1.5°C 이내로 억제
- ▶ **2021년 7월: 416.9 ppm**
2022년 7월: 418.8 ppm
2023년 7월: 422.1 ppm, +1.22°C

<https://www.co2.earth/>

공기 중 이산화탄소 포집 및 전환기술 개발 동향

지구 온난화 대응 방안

SSP1-1.9, SSP2-1.0, SSP3-3.0, SSP4-3.4, SSP5-6.0, SSP5-8.5

CARBON SEQUESTRATION

화석 에너지 사용을 줄이고, 무탄소 에너지 활용을 확대

배출되는 CO₂를 포집(Carbon capture)하여 저장하거나 (CCS) 전환 (CCU)

공기 중 존재하는 CO₂를 포집 (DAC)하고, 이를 저장하거나 직접 전환 (DAC-RCC)

Photosynthesis

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow{\text{energy}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

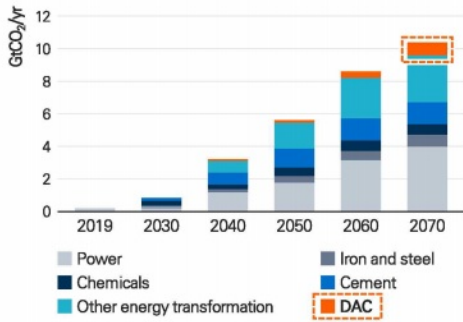
4

공기 중 이산화탄소 포집 및 전환기술 개발 동향

직접공기포집 (Direct Air Capture)

- 공기 중 420 ppm의 CO₂ 를 물리적 또는 화학적으로 분리하여 공기 중 CO₂ 농도를 낮추는 탄소 네거티브 기술
- 포집 된 고순도 CO₂ 회수를 통해 DACCS, DACCU 기술 적용 가능

Global CO₂ capture by sector



- 2030년 75백만 톤/년, 2070년 7억 톤/년 포집 전망 (IEA)
- 전 세계적으로 현재까지 27개 DAC 플랜트가 가동되어 연간 만 톤/년 포집

대한민국 2050년 NDC 목표 (B안)



- 2030년 CCUS 1,120 만톤 포집
- 2050년 탄소중립 B안: CCUS 8,400 만톤, DAC 740 만톤 포집
- 국내 실증 기술 부재

5

Source: IEA, ETP 2020 ('20)

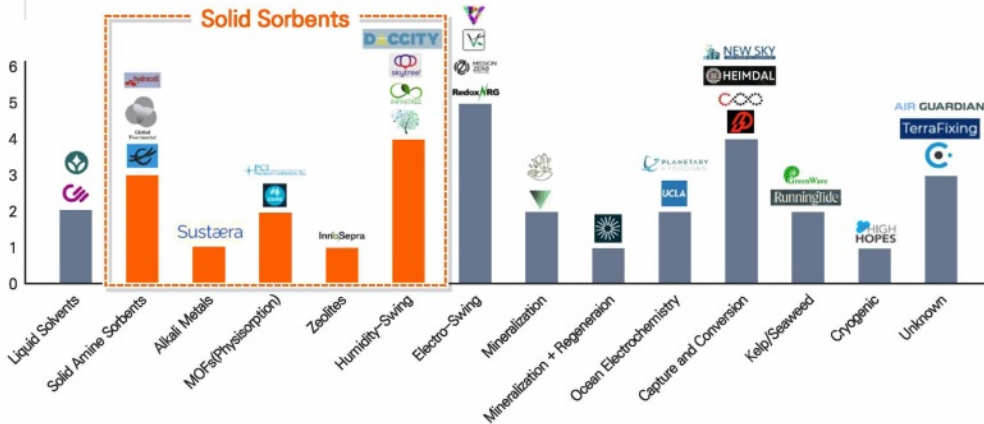
공기 중 이산화탄소 포집 및 전환기술 개발 동향

직접공기포집(DAC) 기술/시장동향

대표기업 Climeworks, Carbon Engineering, Global Thermostat

- 최근 29개의 소규모 기업들이 새로운 기술을 바탕으로 DAC 사업에 등장
- 국가 및 기업의 전폭적인 투자 지원으로 인한 적극적인 창업 및 실용화 사업 가속화 중

Number of Companies



6

Source: <https://arpa-e.energy.gov/events/reactive-carbon-capture-workshop>

공기 중 이산화탄소 포집 및 전환기술 개발 동향

직접공기포집(DAC) 기술

Climeworks | Sorbent DAC 기술

20x scale-up (2012 to 2014)

20x scale-up (2014 to 2017)

10x scale-up (2017 to 2024)

Year	Location	Capacity
2012	Global	~5 kg/day
2014	Global	~100 kg/day
2017	Iceland (Hellisheiði)	DAC-18 / 2,460 kg/day
2021	Iceland (Hellisheiði)	Orca-4,000 ton per year
2024	Global	~40,000 ton per year

- 2009년 회사 설립, 2012년 5 kgCO₂/day 규모에서 2021년 4,000 tCO₂/yr 규모로 확대
- 2025년까지 연간 4~5만 톤 이상의 DAC 기술 적용을 목표

7

공기 중 이산화탄소 포집 및 전환기술 개발 동향

직접공기포집(DAC) 기술

CLIMATE | UNITED STATES OF AMERICA

US takes \$1.2 billion gamble on carbon-sucking vacuums

08/12/2023

The US government will spend \$1.2 billion to help build giant machines that suck carbon dioxide pollution from the air.

f X v

Swiss company Climeworks, which will take part in project in Louisiana, already runs Orca direct air capture and storage plant in Iceland
Image: Cover Images/Stratigo Images

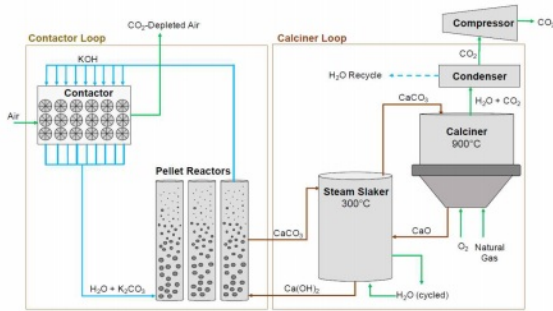
- 미국 DOE: Texas와 Louisiana에 1조 5천억원 투자 (2023.08)
- 연간 백만톤 CO₂ 포집 규모, 추후 예상 규모: Texas 3,000 만톤/y, Louisiana 십억톤/y

8 <https://www.dw.com/en/us-takes-12-billion-gamble-on-carbon-sucking-vacuums/a-66514147>

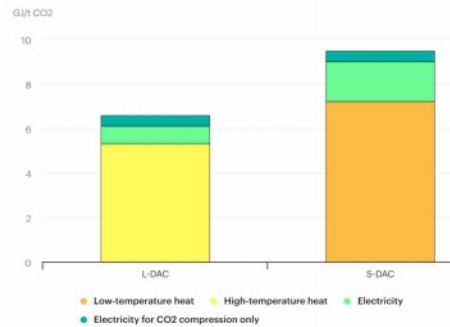
공기 중 이산화탄소 포집 및 전환기술 개발 동향

직접공기포집(DAC) 기술

Carbon Engineering | Solvent DAC 기술



Energy needs of L-DAC and S-DAC, 2023



- ▶ 0.6 tCO₂/day 파일럿 실증, 1,500 tCO₂/yr (Canada) 건설 중
- ▶ 1PointFive 개발 회사를 통해 1 MtCO₂/yr 추진 중으로 2022년 건설 시작

공기 중 이산화탄소 포집 및 전환기술 개발 동향

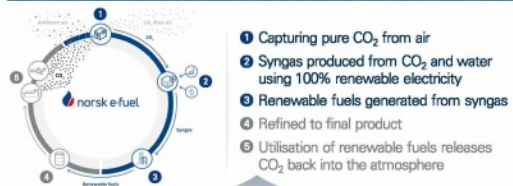
직접공기포집(DAC) 연계 CCU 기술 동향

Haru Oni Project



- ▶ Siemens Energy와 Porsche는 칠레에 풍력 기반 청정 합성연료 파일럿 프로젝트를 개발 및 구현
- ▶ 풍력을 통한 그린 수소 생산
- ▶ DAC 기술을 통한 CO₂ 공급
- ▶ e-메탄올 & e-기솔린 생산: 100톤 (2022), 40만톤 (2026)

norsk e-fuel Project



Conversion of renewable electricity to fuel



Direct air capture



- ▶ 직접공기포집(DAC), 그린수소 등을 활용한 청정연료 생산기술 시도
- ▶ 풍력을 통한 Climeworks의 DAC 기술과 Sunfire 합성연료 생산 기술 적용
- ▶ 2023년 8,000 톤 생산 (Heroya Industry Park)
- ▶ 2026년 4만 톤 생산 목표

공기 중 이산화탄소 포집 및 전환기술 개발 동향

직접공기포집(DAC) - 동시포집전환(RCC)

DAC를 통하여 포집된 CO₂를 탈거 없이 직접 전환 (DAC-RCC): **탈거 에너지 불필요**

DAC → 탈거/농축 → 전환

DAC->전환 (RCC)

20-30% Decrease in Energy Use
50% Decrease in CAPEX

이산화탄소 포집 공정 에너지 사용 비율

11

Source: 2022 ARPA-E workshop

공기 중 이산화탄소 포집 및 전환기술 개발 동향

CO₂ 기반 Chemical 제조

열화학적 CO₂ 전환

전기화학적 CO₂ 전환

Products from CO₂-based synthesis (IEA 2019)

Nature Energy 4, 466-474 (2019)

12

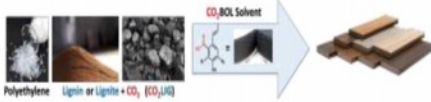
공기 중 이산화탄소 포집 및 전환기술 개발 동향

대기 중 공기 동시 포집 전환 (DAC-RCC) 기술 동향

DAC-RCC 연구는 원천기술 확보를 위해 **현재 산/학/연 융합연구**를 통한 **랩스케일 연구 수행 중**

PNNL

Integrated Capture and Conversion of CO₂ into Building Materials



- ▶ CO₂LIG 물질을 건축자재로 활용하므로서 CO₂ 고정
- ▶ 연간 6백억톤 CO₂ 격리 가능

NETL

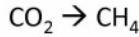
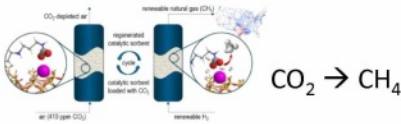
Porous Catalytic Polymers for Simultaneous CO₂ Capture and Conversion to Value-added Chemicals



- ▶ 포집된 CO₂를 Formic acid와 같은 liquid product로 전환
- ▶ RCC용 폴리머 기술-경제적 타당성 평가

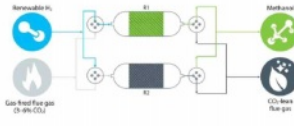
LLNL

Direct Air Reactive Capture and Conversion for Utility-Scale Energy Storage



NREL

A Pressure-Swing Process for Reactive CO₂ Capture and Conversion to Methanol



- ▶ CO₂의 직접 전환을 통한 메탄올 제조
- ▶ Mild한 조건(~100°C, ~10 atm)

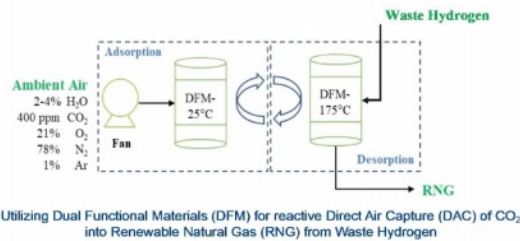
현재 DOE 산하 RCC 프로그램으로 다수의 미국 정부 연구소 (PNNL, NREL, LLNL, LBNL, NETL) 들이 **조인트 랩** 형식으로 공동 연구 및 ARPA-E 프로그램 운영 중

13

Source: 2021 CMOG Project Review Meeting

공기 중 이산화탄소 포집 및 전환기술 개발 동향

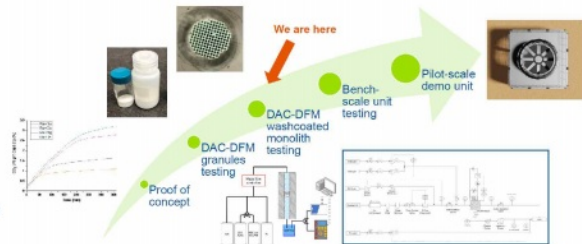
대기 중 공기 동시포집 전환 (DAC-RCC) 학계 동향



Utilizing Dual Functional Materials (DFM) for reactive Direct Air Capture (DAC) of CO₂ into Renewable Natural Gas (RNG) from Waste Hydrogen

DAC-DFM Technology Development Pathway

Susteon



- ▶ Dual Functional Materials (DFM)을 이용하여 Air 중 CO₂ 흡착과 수소화반응 진행
- ▶ CO₂를 수소화 하여 천연가스 제조

Source: 2022 ARPA-E workshop

14

공기 중 이산화탄소 포집 및 전환기술 개발 동향

대기 중 공기 동시포집 전환 (DAC-RCC) 학계 동향

국내 DAC-RCC 연계 기술은 없으나, RCC 원천 기술보유

CO₂ 동시 포집-전환 포름산 생산 (KIST)

10kg-HCOOH/day급 실증 파일럿

- 포집된 CO₂를 탈거 없이 Formic acid로 전환
- 기존 상업화 공정 대비 경제성 확보 가능성 확인

CO₂ 동시 포집-전환 전기화학 시스템 (KIST)

전기화학적 CO₂ 동시 포집-전환 미니 파일럿

- 포집된 CO₂를 고순도 합성가스로 전환
- CO₂ 분리/정제 공정 생략으로 Net-zero 달성 가능성 확보

15

공기 중 이산화탄소 포집 및 전환기술 개발 동향

국내 DAC 연구과제

저비용 직접공기포집(DAC) 원천기술 및 CO₂ 처리량 10 kg/day 공정 기술 개발

- 고효율(재생열에너지 5GL/tCO₂ 이하), 저차압(반응기 압력강하 900Pa 이하) 기술 개발
- 공정적용 소재의 동적흡수능 5.0 wt% 이상 및 혁신 소재의 평형흡수능 2.5mmol/g 이상 혁신 소재 개발

저비용 DAC 원천기술 개발

- 공기 중 CO₂ 처리량 10kg/일 이상 규모의 1,000 CMH급 DAC 공정 개발 및 연속운전 기술 확보
- 소재 대량성형기술 개발을 통해 포집 성능 0.03g-CO₂/g-sorbent (3.0wt%) 이상 달성

CO₂ 처리량 10kg/일 공정 기술 개발

+

포집비용 저감 혁신 기술 확보

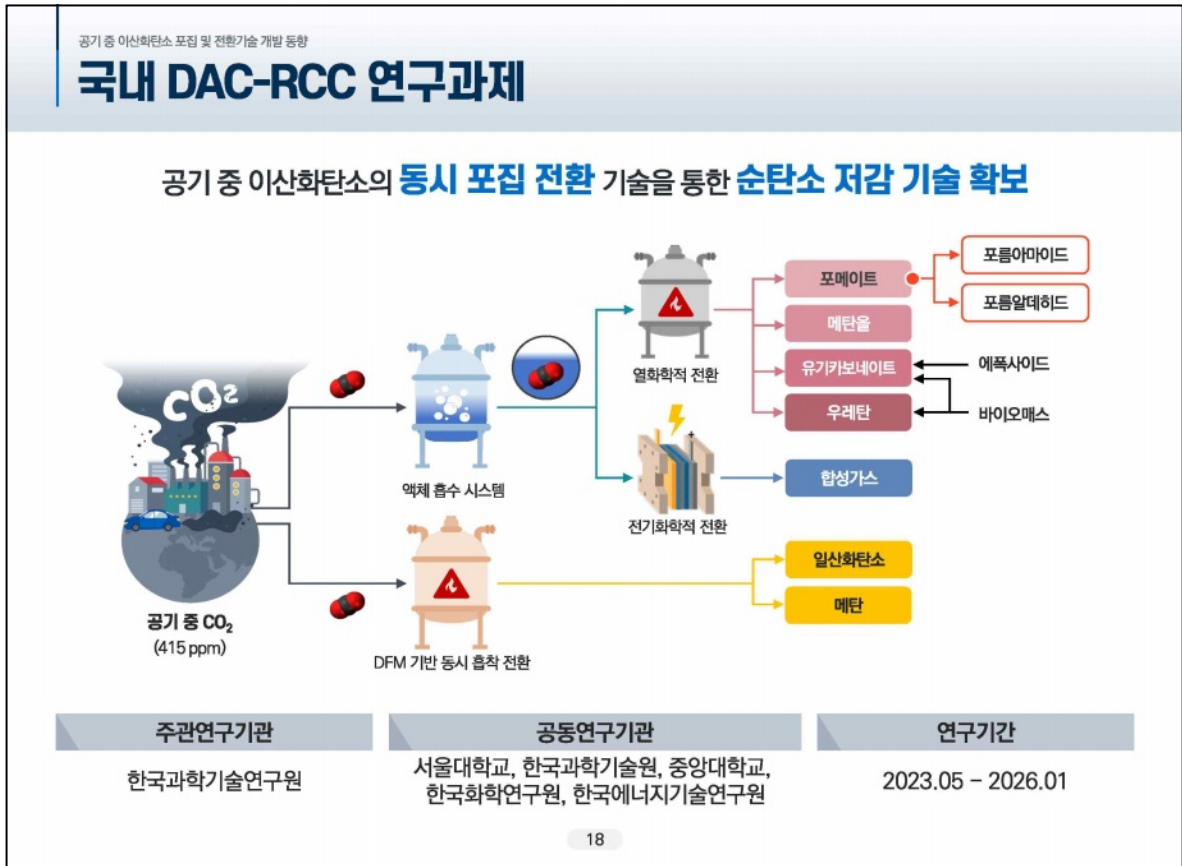
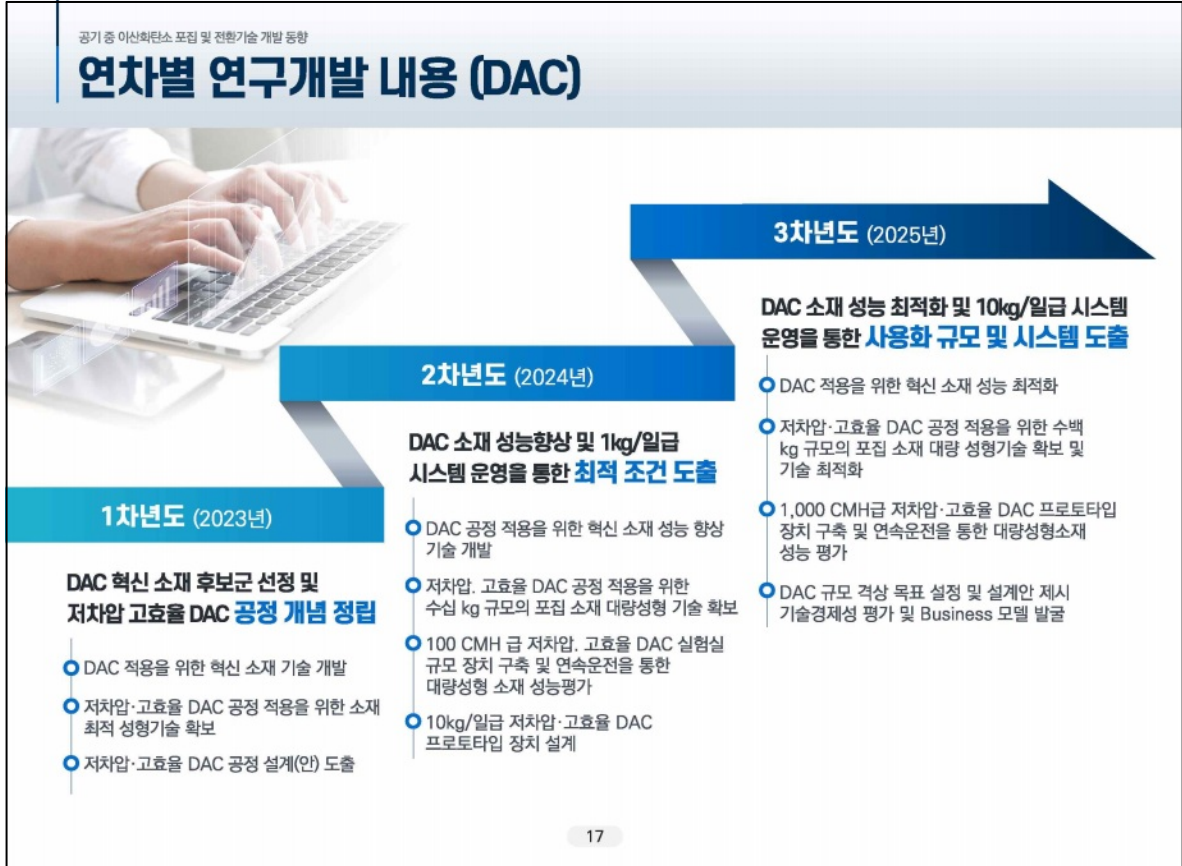
- 기존 CCS 기술의 한계 극복
- 소형 분산형 포집 기술 확보
- 현재 기술의 포집비용 한계 돌파

실증 기반 기술 확보

- 규모 격상이 가능한 소재 대량
- 성형 기술 및 시스템 기술 확보

주관연구기관	공동연구기관	연구기간
에너지기술연구원	한국과학기술원, 고려대학교, GS건설	2023.05 - 2026.01

16



공기 중 이산화탄소 포집 및 전환기술 개발 동향

국내 DAC-RCC 연구과제

과제 달성 목표

- 1 TEA/LCA 수행 및 보고서 작성**
: 기술별 3건
- 2 RCC 실증 프로토타입 구축**
: 200 Nm³/일 공기 처리 규모
- 3 DACU 기술 정책 보고서**

“기후변화 대응 원천 기술 확보 및 에너지 화학분야 신산업 창출 목적”

순탄소 저감 기술 확보

1종 이상 케미컬 제조

+

기술 경제성 제고

경제성이 향상된 DAC-RCC 기술

+

기술 수월성 확보

DAC-RCC 선도 기술개발

+

개발 가능 기술 2종 제안

DAC-RCC 정책 제안 후속 실증 과제 추진

▶▶ 전략 01

기 확보 기술과 신규 개발 기술의 융합을 통합하여 **빠른 솔루션 제시**

▶▶ 전략 02

열화학/전기화학, 균일계/불균일계 촉매의 융복합을 통한 **최적의 RCC 확보**

▶▶ 전략 03

TEA/LCA 표준화 및 다목적 최적화를 통한 **기술 완성도 제고**

19

공기 중 이산화탄소 포집 및 전환기술 개발 동향

맺음말: 직접 공기 포집/전환

- 1** 대기 중 CO₂를 포집하는 기술: **대기 중 CO₂ 농도 직접 감축 가능**
- 2** 포집된 CO₂는 **탈거 후 저장하거나 유용한 화합물로 전환**
- 3** 혹은 포집 후 **탈거 없이 직접 유용한 화합물로 전환 (DAC-RCC)**
: Net Zero 화합물 합성 기술
- 4** 빠른 설치, 빠른 CO₂ 포집효과
- 5** 사막, 황무지, 극지, 섬, 해안 등 고립된 장소에 설치 가능
: 신재생 에너지와 연계
- 6** 고농도 CO₂ 포집 기술과 연계한 무배출 시스템 구현 가능
- 7** 선진국에서도 최근 시작, 그러나 매우 광범위한 기업, 정부의 투자
- 8** 국내 원천기술 - 실용화 기술 동시 진행을 통하여 빠른 상용화 기술 확보 필요

20

악화되는 기후변화, 불편한 진실 마주할 때

Al Gore's three questions

“ Must we change? ”

“ Can we change? ”

“ Will we change? ”

Every time, the question is ultimately resolved into a binary choice between right and wrong.

- 앨 고어, 23.09.02 킨텍스 강연에서



21

감사합니다

DAC (Direct Air Capture)

공기 중 이산화탄소 포집 및 전환기술 개발 동향

▶▶ 주제발표 II



DAC 기술 사업화 현황 및 국제사회의 지원정책 동향

오 채 운

국가녹색기술연구소 책임연구원



[국회기후변화포럼 세미나]



DAC 기술 사업화 현황 및 국제사회의 지원 정책 동향

2023.9.20(수)

오 채 운 책임연구원


국 가 녹 색 기 술 연 구 소




아젠다



- I. DAC 기술의 분류와 의미
- II. DAC 기술 사업화 현황
- III. DAC 기술의 도전과제
- IV. DAC 기술 지원 정책
 - ① 정부 재정지원
 - ② 탄소가격제
 - ③ 민간 재정지원
- V. 마무리



I. DAC 기술의 분류와 의미




■ 감축유형 관점에서의 분류

- (저감) 특정 배출(emission) 점원(source)에서 연료전환 또는 저감기술을 적용하여 온실가스 배출 저감
- (제거) 대기중에서 온실가스를 직접적으로 포집하여 다른 물질에 저장


	배출 저감 (emission reduction)	제거(removal) / CDR 접근법
정의	배출량 제한 또는 배출원 조정 등을 통해 온실가스 배출을 저감하거나 제한	온실가스를 다른 물질에 저장 (흡수원에 의한 제거보다 확장된 개념)
감축 장소	특정 배출원	대기중
감축 결과	배출량 감소	다양한 물질에 저장 (식생, 토양, 광물, 해양, 제품 등)

■ 이산화탄소의 대기직접포집(DAC) 기술은 '제거' 활동으로 분류

4



I. DAC 기술의 분류와 의미



■ 이산화탄소 제거(CDR, carbon dioxide removal) 접근법

- (의미) 대기중 이산화탄소를 일정 기간 동안 다른 물질(식생, 토양, 광물, 해양, 제품 등)에 저장하여 제거하는 접근법
- (역할) 배출저감 시 기존의 경제활동 변경 압박이 있으나, 제거를 통해 기존의 감축 노력 압박 경감 및 보완
- (CDR 접근법의 분류) 다음 네 가지로 분류

토지 기반	육상 기반 생물학적 방법	조림 및 재조림, 산림관리 개선, 토양탄소격리, 바이오차, 내륙 습지 복원
	해양 기반 생물학적 방법	블루카본 관리, 해양 비옥화
공학 기반	지구화학적 방법	강화된 풍화, 해양 알칼리화
	화학적 방법	직접대기탄소포집 및 저장(DACCS, direct air carbon capture & storage), 직접대기탄소포집 및 활용(DACCU, direct air carbon capture & utilization)

4

I. DAC 기술의 분류와 의미 국가녹색기술연구소
NATIONAL INSTITUTE OF
GREEN TECHNOLOGY

■ 넷제로 달성을 위한 행동 방식: 전환 (Transition)

기존	향후
화석연료 (CCS 미활용)	① 무탄소 또는 저탄소 에너지원 (신재생 에너지, 화석연료 활용 시 CCS 기술 적용)
	② 수요 관리 및 효율성 향상
	③ 이산화탄소제거(CDR) 접근법

5

아젠다 국가녹색기술연구소
NATIONAL INSTITUTE OF
GREEN TECHNOLOGY

- I. DAC 기술의 분류와 의미
- II. DAC 기술 사업화 현황
- III. DAC 기술의 도전과제
- IV. DAC 기술 지원 정책
 - ① 정부 재정지원
 - ② 탄소가격제
 - ③ 민간 재정지원
- V. 마무리

6

II. DAC 기술 사업화 현황




국가녹색기술연구소
NATIONAL INSTITUTE OF
GREEN TECHNOLOGY

■ 해외 DAC 기술을 사업화 주요 사례(일정 규모 이상)

기업명	보유 기술	사업명	규모	위치	시작 연도	현황
Carbon Engineering	습식(강염기 수용액)	Pilot Plant	1 tCO ₂ /day	캐나다 스쿼미시	2015	폐쇄
		Innovation Centre	2.5 tCO ₂ /day	캐나다 스쿼미시	2017	운영 중
		Stratos	1 MtCO ₂ /year	미국 텍사스 북서부	2024	건설 중
		KingRanch	30 MtCO ₂ /year	미국 텍사스 남동부	미정	부지 확정
		Dreamcatcher	1 MtCO ₂ /year	영국	2026	설계 중
		AtmosFUEL	-	영국	2030	계획
Climeworks	건식(흡착제)	Capricorn	900 tCO ₂ /year	스위스 힌월	2017	운영 중
		STORE&GO	150 tCO ₂ /year	이탈리아	2018	폐쇄
		Orca	4,000 tCO ₂ /year	아이슬란드 헬리셰이디	2021	운영 중
		Mammoth	36,000 tCO ₂ /year	아이슬란드 헬리셰이디	미정	건설 중
		Zenid	-	네덜란드	미정	계획
Global Thermostat	건식(흡착제)	Haro Oni	-	칠레	2023	e-fuel 생산 중
		-	1,000 tCO ₂ /year	미국 콜로라도 덴버	2023	운영 중
Carbon Collect	건식(이온교환)	Mechanical Tree	-	미국 애리조나	2022	연구용
Prometheus Fuels	습식(RCC)	Titan Fuel Forge	4,380 tCO ₂ /year	미국	-	계획

(출처: Sovacool et al. (2022) pp. 5-7의 내용을 발췌 및 수정)

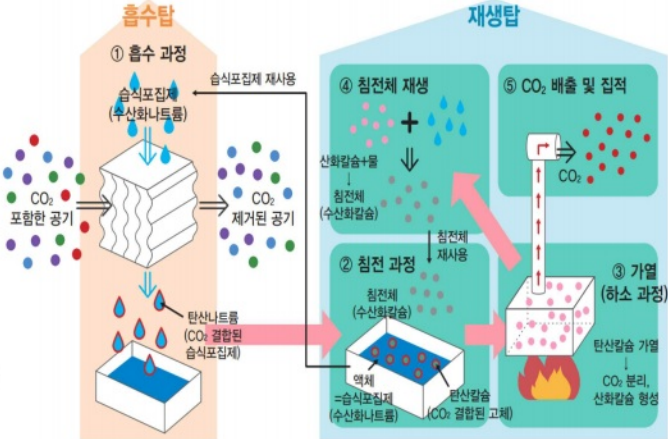
II. DAC 기술 사업화 현황



국가녹색기술연구소
NATIONAL INSTITUTE OF
GREEN TECHNOLOGY

■ 캐나다 Carbon Engineering (DAC 습식포집 기술)

- ('15년 소규모 실증)
 - 포집 규모: 1 tCO₂/day
 - 장소: 캐나다 Squamish
- ('17년 DACCU 실증) 상기 설비 연계
 - e-Fuel 생산 설비 운영 시작
- ('24년 목표로 대규모 설비 건설 중)
 - 설비명: **Stratos**
 - 포집 및 저장 규모: **1 MtCO₂/year**
 - 협력: Occidental社
 - 건설지역: 미국 텍사스 Permian Basin
 - 에너지: **태양광**
- (향후) 대규모 설비 건설 계획 발표
 - 설비명: **KingRanch**
 - 포집 및 저장 규모: **30 MtCO₂/year**



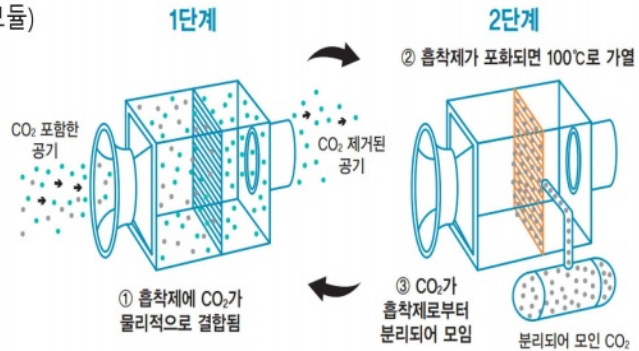
<강염기(수산화나트륨) 수용액을 활용한 DAC 습식 포집 공정>
(출처: 송예원·오재운, 2022, p. 15; de Jonge et al. 2019, p. 27)



II. DAC 기술 사업화 현황

■ 스위스 Climeworks (DAC 건식포집 기술)

- ('09년 소규모 실증)
 - 규모: 900 tCO₂/year
(= 50 tCO₂/year/모듈 X 18개 모듈)
 - 설치 장소: 스위스 Hinwil
- ('21년 세계최초 상용화 및 운영중)
 - 설비명: Orca
 - 규모: 4,000 tCO₂/year
 - 설치 장소: 아이슬란드 Hellisheiði
 - 에너지: 지열 발전
- (향후 계획) 동일 지역에 확대 건설계획 발표
 - 설비명: Mammoth
 - 규모: 36,000 tCO₂/year (Orca의 9배 규모)




<흡착제를 활용한 DAC 건식 포집 공정>
(출처: 송예원·오재운, 2022, p. 18; de Jonge et al. 2019, p. 3)




아젠다

- I. DAC 기술의 분류
- II. DAC 기술 사업화 현황
- III. DAC 기술의 도전과제
- IV. DAC 기술 지원 정책
 - ① 정부 재정지원
 - ② 탄소가격제
 - ③ 민간 재정지원
- V. 마무리



III. DAC 기술의 도전 과제



■ DAC 기술의 도전 과제

①비용	<ul style="list-style-type: none"> - 대기 직접 탄소 포집에 들어가는 비용 예측치가 매우 다양 (\$100~\$600 tCO₂eq) → 규모의 경제를 통해 포집 비용 저감 필요 → R&D 단계 이후, '죽음의 계곡'이라는 실증단계에 대한 재정 지원이 필요
②에너지	<ul style="list-style-type: none"> - 기술 적용 시 포집과정 시 소요되는 에너지 필요량 → 화석연료를 사용할 경우, 이산화탄소 배출로 이산화탄소 포집량 상쇄 → 재생에너지 활용 필요. 재생에너지 활용 및 이산화탄소 저장소를 만족하는 지역 제한
③비즈니스 모델	<ul style="list-style-type: none"> - DACCS/DACCU 기술 시설 설치 및 운영 비용* 이상의 수입원 필요 * 설치를 위한 자본투자 비용, CO₂ 포집 시 에너지 비용, 포집제 재생 에너지 비용, 흡착제 손실 비용, 시설 유지 비용

(출처: Sovacool et al. 2022, pp. 8-9) 4



아젠다



- I. DAC 기술의 분류
- II. DAC 기술 사업화 현황
- III. DAC 기술의 도전과제
- IV. DAC 기술 지원 정책
 - ① 정부 재정지원
 - ② 탄소가격제
 - ③ 민간 재정지원
- V. 마무리

12



IV. DAC 기술 지원 정책 - ① 정부 재정지원

■ 실증사업 지원 보조금 지원

- (미국) 인프라 투자 및 일자리법(2021)

- DAC 기술을 7대 청정에너지 사업*으로 선정하고, 인프라 투자 지원 및 상금 경쟁

* ①태양, ②마이크로그리드, ③지역, ④직접대기포집(DAC),

⑤CCUS 기술을 활용한 화석연료 전기 생산, ⑥에너지 저장, ⑦선진/첨단 원자력 기술

- 미국 내 4대 지역에 '지역 DAC 허브 구축 프로그램' 착수 (약 4조 6,500억원 보조금 지원)

- (원천기술 보유 세부 기업 대상)

- (스위스 정부) DAC 원천기술 보유 Climeworks社의 초기단계에 \$5M 정부 보조금 지원

- (캐나다 정부) DAC 원천기술 보유 Carbon Engineering社에 \$18.9M 정부 보조금* 지원

* R&D 설비 준비 & 상업화 단계 실증시설의 설계 및 엔지니어링 지원



IV. DAC 기술 지원 정책 - ① 정부 재정지원

■ 세액 공제

- 미국: 45Q 세액공제

저장 방법 (DAC을 통한 포집 포함)	운영기간 중 세액공제 금액 (USD/tCO ₂)								
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026 이후
지중저장	28	31	34	36	39	42	45	47	50
원유회수증진(EOR)	17	19	22	24	26	28	31	33	35
탄소활용	17	19	22	24	26	28	31	33	35

- 세액공제 금액 증대 by 인플레이션 감축법(Inflation Reduction Act of 2022)

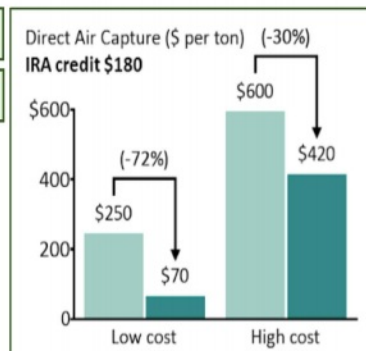
DAC 기술 기반 지중저장 CO₂ 1톤당 세제혜택 \$180 (← \$50)

DAC 기술 기반 활용 CO₂ 1톤당 세제혜택 \$130 (← \$35)

→ 효과: DAC 기술은 30~72% 비용 감축 효과

- 캐나다: DAC 기술 사업에 활용된 기기에

60%까지 세제혜택 적용



IV. DAC 기술 지원 정책 - ① 정부 재정지원

■ 지역 펀드 기반 보조금 지원

- (Horizon Europe)

- 혁신 기술 RD&D 지원 차원에서 DAC 기술 R&D 지원

	Celibicon	Carbfix	STORE&GO	NEGEM
사업 분야	CO ₂ 화학전환 (DACCU)	CO ₂ 저장 (광물화 저장)	Power-to-Gas (DACCU 메탄 생산)	CDR 기술경제성 평가
지원 기간	2016~2019	2011~2021	2016~2020	2020~2024
총 정부지원 (백만 유로)	6.2	3.8	28	5.8
호라이즌 기금 비율	87%	85%	64%	100%

<EU 호라이즌 기금의 지원을 받은 DAC 관련 대표 기업>
(출처: IEA, 2022, p. 59)

- (EU 혁신기금)

- 혁신기술 지원 차원에서, DAC 기술 실증 사업 1건* 진행중
- * 스페인 Green Meiga의 DACCU 사업(그린 메탄올 생산)


<EU 혁신기금의 사업 개략도>
(출처: EC, 2020)

15


아젠다

- I. DAC 기술의 분류
- II. DAC 기술 사업화 현황
- III. DAC 기술의 도전과제
- IV. DAC 기술 지원 정책
 - ① 정부 재정지원
 - ② 탄소가격제
 - ③ 민간 재정지원
- V. 마무리

16



IV. DAC 기술 지원 정책 - ② 탄소가격제




■ 의무탄소시장(국제) - 파리협정 제6.4조 메커니즘

- (교토의정서 下 청정개발메커니즘(CDM))
 - 대기 중 CO₂ 제거 기술은 조림·재조림(A/R)만 인정할 뿐, DAC 未인정
- (파리협정 제6.4조 지속가능발전메커니즘(SDM))
 - DAC 기반 DACCS 및 DACCU 사업을 '제거' 크레딧 생산활동으로 인정할지 여부에 대해 현재 국제 협상 중


■ 의무탄소시장(EU) - 유럽연합 배출권 거래제

- (EU ETS 현황) 현재는 배출저감 기술만 인정 중이며, DAC를 포함한 모든 '제거' 활동은 현재로서는 未인정
- (탄소 제거 인증 프레임워크(Carbon Removal Certification Framework))
 - EU가 산업계의 '제거' 활동 결과물을 공식적으로 인증하는 체계로 '22년 11월 발의
 - 현재, 제거 활동에 대한 방법론 및 인증 규칙 개발중
 - 동 체계가 자리잡게 되면, 향후 EU ETS 상에서 제거 인증서에 기반한 제거 결과물 거래 허용 예상

17



IV. DAC 기술 지원 정책 - ② 탄소가격제



■ 의무 탄소시장(미국 캘리포니아): 저탄소 연료표준(LCFS, low-carbon fuel standard)

- (구조: 연료표준(규제적 수단) + 탄소시장(경제적 수단))
 - ① 캘리포니아 내 유통되는 연료 생산업체에 연료별 탄소집약도 표준(carbon intensity standard) 준수 요구
 - ② 유통되는 연료의 탄소집약도 표준 미달 시, 미달분만큼 배출권(크레딧) 구매 필요
- (크레딧 사업 가능 기술) 저배출 석유 정제 기술, DAC 기술, 수소/전기차 충전소 보급
- (배출권 가격) 시장 내 배출권 수요-공급에 따라 실시간 가격 조정. 최대 200 달러 이상으로 상승
 - 카본 엔지니어링社*는 동 LCFS 제도 활용 예정
 - * 카본엔지니어링사의 DAC 포집 단가는 1톤당 94-232 달러로, LCFS 배출권 거래를 통해 상당량의 비용 보상 가능
- (LCFS 제도의 확산) 캐나다 브리티시컬롬비아 주, 미국 워싱턴 주 등으로 LCFS 제도 확산

18



IV. DAC 기술 지원 정책 - ② 탄소가격제

■ 자발적 탄소시장

- (VERRA④) 카본큐어사의 DACCU 방법론 승인(VM0043)
 - 포집한 CO₂를 콘크리트 블록에 주입해 콘크리트를 강화하면서 동시에 CO₂를 격리하는 기술
 - CCS를 통해 포집한 CO₂뿐만 아니라 DAC를 통해 포집한 CO₂도 인정
- (VERRA②) 다양한 CCS 기술(DACCS, BECCS 포함)에 대한 통합 방법론 현재 검토 중
 - 다양한 포집(DAC, BECCS 등 이산화탄소 제거 기술 포함), 수송(파이프라인, 육상/해상), 저장(대염수층, 고갈유전, 광물화 등)을 모두 통합한 CCS 방법론 현재 검토 중
- (American Carbon Registry) 원유회수증진(EOR)으로 CO₂를 저장하는 DACCS 방법론 승인
 - EOR 기반 DAC를 통해 포집한 CO₂도 인정

19



아젠다

- I. DAC 기술의 분류
- II. DAC 기술 사업화 현황
- III. DAC 기술의 도전과제
- IV. DAC 기술 지원 정책
 - ① 정부 재정지원
 - ② 탄소가격제
 - ③ 민간 재정지원
- V. 마무리

20



IV. DAC 기술 지원 정책 - ③ 민간 재정지원

■ 제거 크레딧 선구매 제도를 활용한 DAC 기술 투자

- 혁신기업 연합체 (제거 크레딧 1tCO₂당 약 600~1000 달러 지불)
 - Frontier (메타+구글+쇼피파이 등): 2030년까지 10억 달러 규모의 제거 크레딧 구매
 - First Movers Coalition (마이크로소프트, 세일즈포스, 구글): 2030년까지 5억 달러 규모 제거 크레딧 구매
 - NextGen CDR Facility (BCG, 미쓰비시, 사우스폴 등): 2025년까지 100만 tCO₂ 이상의 제거 크레딧 구매
- 개별 기업 (제거 결과를 구매비용 비공개)
 - Shopify (10,000 tCO₂), BMO First Bank (1,000 tCO₂), ThermoFisher Scientific (20 tCO₂), Airbus (400,000 tCO₂), ANA (30,000 tCO₂)
 - 주로 감축이 어려운 서비스 분야 및 항공 부문에서 DAC 기술에 대해 선제적 투자
- 탄소거래 플랫폼 (사업자로부터 도매가격 구입 및 플랫폼을 통해 소매 가격 판매)
 - 퓨어스(Puro.Earth), 카본퓨처(Carbon Future) 등

21



아젠다

- I. DAC 기술의 분류
- II. DAC 기술 사업화 현황
- III. DAC 기술의 도전과제
- IV. DAC 기술 지원 정책
 - ① 정부 재정지원
 - ② 탄소가격제
 - ③ 민간 재정지원
- V. 마무리

22



V. 마무리

■ DAC 기술의 필요성

- 배출저감 노력으로도 해소되지 않는 잔여 배출량을 상쇄할 수 있는 제거 옵션 제공 필요

■ 자국 원천 기술 확보의 중요성

- (국내 원천 정부 R&D) 2023-2025 기간 동안, '건설기술' 기반 직접대기포집 및 활용 부문 연구
- (민간 투자 R&D)
 - (주)로우카본 (DAC 습식포집으로, 7.2 tCO₂/year 규모의 DACCU 실증사업 및 상용화 단계 진입)
 - KAIST 고동연 교수 연구팀은 사우디 Aramco社와 함께 CO₂ Management Center를 설립하여 건설기술 실증
- (향후) 국내 원천 기술 R&D 심화 (포집 및 에너지 효율성 향상) + 해외 습식기술 라이선싱 기반 실증 시도

■ DAC 기술 실증 및 활용 활성화를 위한 다양한 정책 옵션들을 토대로 우리나라 적용 고려

■ DAC 기술의 분류

- 우리나라 정책 상, '포집' 기술로 분류
- 감축활동 관점에서, '제거' 기술로 분류

23



감사합니다



관련 문헌



Beuttler, C., Charles, L., & Wurzbacher, J. (2019). The role of direct air capture in mitigation of anthropogenic greenhouse gas emissions. *Frontiers in Climate*, 1. <https://doi.org/10.3389/fclim.2019.00010>

CTVC. (2022). IRA and the new capital cost of climate #114. <https://www.ctvc.co/ira-and-the-new-capital-cost/>

EC [European Commission]. (2023). What is the Innovation Fund?. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/funding-climate-action/innovation-fund/what-innovation-fund_en

IEA. (2022). *Direct Air Capture – A key technology for net zero*. Paris: IEA.

de Jonge, M. M. J., Daemen, J., Loriaux, J. M., Steinmann, Z. J. N., & Huijbregts, M. A. J. (2019). Life cycle carbon efficiency of Direct Air Capture systems with strong hydroxide sorbents. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 80, 25–31. <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2018.11.011>

Sovacool, B.K., Baum, C.M., Low, S., Roberts, C., and Steinhauser, J. (2022). *Environmental Research Letters*, 17 (2022), 074014.

송예원·오채운 (2022). 이산화탄소 직접대기포집(DAC) 기술의 실증과 활용. *해설이 있는 국민 기술제안 인사이트*, 2022-02. 탄소중립녹색성장위원회. http://www.ideanetzero.org/?module=Board&action=SiteBoard&sMode=VIEW_FORM&iBrdNo=4&iBrdContNo=22&sBrdContRe=0&sSearchField=&sSearchValue=&CurrentPage=1



패널



| 이유리 에너지기술연구원 선임연구원

| 고동연 한국과학기술원 교수

| 김기태 GS건설 책임연구원

| 이찬영 과학기술정보통신부 기후환경대응팀장

토론 1

이유리 | 에너지기술연구원 선임연구원

1. DAC 기술 국내외 동향을 살펴보면, 기술 격차(연도 차이)가 어느 정도 되는가.
 - 공정 규모, 연간 CO2 포집량 등 고려
2. 해외 DAC 기술 CO2를 포집하기 위한 기술로, 습식보다 건식 기술을 주로 하는데 이유는 무엇인가.
3. DAC 기술은 공기 중 400ppm 수준의 매우 희박한 CO2를 포집하는 기술이라, 기존 대량 CO2 고정 배출원 대비 포집 비용이 상당히 높을 것으로 판단됨. 현재 세계 최고 DAC 기술 보유국 기준으로 포집비용은 얼마인가.
 - DAC 기술의 증장기 전략을 고려했을 때 예상되는 포집 비용은 얼마인가.
4. 결국 DAC 포집 비용을 낮추려면, 신재생에너지 활용이 필요할 것 같은데, 그렇다면 DAC 포집 공정 위치 선정이 매우 중요할 것으로 사료됨. 국내 DAC 공정 구축 시 고려될 수 있는 신재생에너지 종류로는 어떤 것이 있는가.
5. 해외에서는 DAC 기술 벤처기업이 많이 설립 및 운영되고 있는데, 국내의 DAC 기술 수요 기업이 있는가.
6. DAC 기술 도입을 통한 국내 NDC 기여도 정도는 어느 정도인가.
7. DACCU 기술과 RCC 기술 차이점 및 각 기술의 장단점, 비교가 필요함.
8. DAC 기술을 통해 포집된 CO2를 저장(DACCS)하는 방안과 활용(DACCU)에 대한 논의가 필요함.
9. 국내 정부 R&D 지원 DAC 기술이 해외에 비해 저조함. 국내 DAC 기술 상용화를 위한 중장기적인 정부의 지원 정책이 필요할 것으로 사료됨.

■ 국회 기후변화포럼

저희 그룹은 지난 2018년부터 DAC에 적용될 수 있는 기초 소재 연구부터 구조화된 접촉기 및 신재생에너지와 결합된 시스템 디자인까지 다양한 스케일의 연구를 진행해왔습니다. 오늘 토론에서는 DAC를 기초연구부터 상용화를 위한 연구개발까지 진행하면서 느낀 소회와 정책에 대한 궁금점을 같이 논의드릴 수 있으면 좋을 것 같습니다. 최근 들어 DAC라는 기술은 매우 고도화된 기술인 것처럼 설명되는 경우가 많지만, 이는 본질적으로 자연적인 프로세스를 모방하는 공학 시스템입니다. 바이오매스가 광합성을 통해 이산화탄소를 이용하거나, 산화칼슘과 같은 미네랄이 자연적으로 이산화탄소를 흡수해서 탄산칼슘과 같은 광물이 되는 과정 모두 자연적인 DAC 과정입니다. 따라서 이들을 공학적으로 모사하고자 하는 기술들도 그 기원이 매우 다양하고, 복합적일 수 있습니다. 저희가 중점적으로 연구하는 DAC 시스템은 필터를 이용하는 공기청정기와 같은 흡착 방식입니다. 이는 세계적으로 유명한 DAC 회사인 Climeworks에서 채택하는 방식입니다. 공기 중에 존재하는 이산화탄소의 농도가 매우 낮아서 이를 선택적으로 흡착하는 건 기술적으로 매우 어려울 것 같지만 실제로는 다양하고 체계적인 해결책들이 있습니다. 반도체나 모빌리티에 들어가는 만큼의 다양한 고도화된 기술이 필요하진 않고, 얼마나 스케일업이 가능한 시스템을 경제적인 공정으로 제안할 수 있는지가 중요한 분야입니다. 따라서 국내에서 이미 흡착, 흡수 기술 등의 분리공정을 연구하시던 많은 분들도 손쉽게 뛰어들 수 있는 분야입니다.

논의사항 1. CCUS와 비교 및 분류 체계

- 기술적인 점을 두고 본다면 Carbon Capture와 DAC는 동일한 과정을 수행하는 기술입니다. 하지만 처리하고자 하는 대상이 다르기 때문에 그 최종적인 임팩트가 매우 다르게 평가 받고 있습니다.
- Carbon Capture는 화석연료를 사용할 때 이산화탄소가 대기 중으로 빠져나오지 못하도록 하는 저감기술인 반면, DAC는 공기 중에 존재하는 이산화탄소를 직접 없애는 “탄소 제거” 기술입니다. 이는 용어상으로도 현재 Carbon Dioxide Removal, CDR이라고 줄여서 부르고 있습니다. 그러면 DAC, 혹은 광의적으로 CDR은 현재의 기술 분류체계상 어떤 분류로 들어가는 게 적합할지에 대한 논의가 필요할 것입니다.

논의사항 2. CDR을 거래할 수 있는 한국형 자발적 탄소 거래 시장?

- CDR을 직접적으로 수행하기 위해서는 DAC 기술만 필요한 게 아니라 포집된 CO2를 100년 이상 안정적으로 격리할 수 있는 방법론이 필요합니다. 현재 CDR을 수행할 경우에는 기존의 탄소배출권이 아닌 CDR credit의 형태로 탄소배출권과 다른 가격에 판매를 하는 자발적 탄소 거래 시장이 미국이나 유럽은 활성화 되고 있습니다.
- 이에 우리나라에서 CDR 분류체계와 탄소배출권 등을 현실화하기 위한 직접적인 논의들이 필요할 것으로 생각됩니다.

논의사항 3. 많은 연구자, 창업자 및 기술자본 유인

- 미국은 IRA를 통한 탄소 제거 기술에 대한 세제 혜택을 주고, BIL을 통한 Regional DAC Hub를 조성하는데 천문학적인 예산을 투입하는 걸로 알려져 있습니다. 이는 탄소 제거라는 새로운 시장을 미국이 유럽보다 선도해갈 수 있는 선점적인 정책이자, 실질 탄소중립 달성을 하기 위한 정책이라고 생각됩니다.
- 최근 저희 분야 미국의 학계 및 연구계를 둘러보면 조그맣게라도 DAC 연구를 하지 않는 연구자가 없는 것 같습니다. 우리나라도 너무 늦지 않게 탄소 제거 기술에 대한 정책적인 지원이 이루어져야 관련 산업 생태계를 구축하고, 시장을 만들 수 있을 거라 생각됩니다.

논의사항 4. 국내에서 Real CDR이 가능하려면?

- 국내에서는 DAC는 할 수 있지만 그 다음의 공정인 100년간의 안정적인 격리에 대한 기술적인 부분이 불확실한 상황입니다. 동해 가스전에 CCS를 하는 데에 DAC를 해안가 터미널에서 직접 수행해서 CO2 운송비용을 낮추는 게 하나의 방법이라 생각되지만, 아직 동해 가스전 CCS 사업은 실제로 구현되기까지 많은 시간이 남았다고 판단됩니다. 다른 방법으로는 우리나라 조선소에서 제작하는 이산화탄소 운반선을 이용해서 해외의 지중저장 사이트로 이동하는 방식도 있을 것 같습니다.
- 이와 같이 downstream기술의 부재 및 불확실성에 의해 DAC 기술 및 CDR credit에 대한 논의가 활발히 이루어지지 못했다고 생각되지만, CCS 사업에 맞추어 앞서 말씀드린 분류체계 및 CDR credit 시장에 대한 논의가 필요하지 않을까 싶습니다.

토론 3

김기태 | GS건설 책임연구원

안녕하세요? GS건설 Carbon Zero Lab의 김기태 책임연구원입니다.

현재 GS건설은 신재생에너지, 청정수소, 바이오 연료, CCUS 등 탄소중립 관련 기술들을 탐색 및 연구를 하고 있습니다. 저는 이중 DAC를 포함한 CCUS 기술 탐색, 사업 모델 발굴, 경제타당성 분석 등을 하고 있으며, '23년부터 에너지기술연구원 주관으로 연구하고 있는 DAC 원천기술개발 과제의 GS건설 연구책임자도 맡고 있습니다.

앞선 주제 발표에서 DAC 기술개발 및 시장 동향에 대해 발표해 주신 이현주 박사님과 DAC 기술 사업화 현황과 국제사회의 지원정책을 발표해 주신 오채운 박사님께 감사드립니다.

기술이나 사업 현황은 이미 많은 소개가 되었으므로 저는 기업체 관점에서 왜 민간기업이 DAC를 하려고 하는가에 대해 GS건설에서 DAC 과제 참여 심의 과정에서 보고되었던 내용을 소개하고 국회와 정부에 바라는 것을 말씀드리고자 합니다.

첫 번째 질문은 **“왜 공기 중의 이산화탄소를 포집 하려고 하나?”**입니다.

저는 이렇게 답을 드렸습니다. “지구를 살려서 우리가 살기 위해서!”라고 말입니다.

2050년에 지구의 온도상승을 1.5°C 이내로 억제하려면 이산화탄소의 배출을 줄이는 것만으로는 안 됩니다. 왜냐하면 이미 대기 중에 이산화탄소가 420ppm 이상이 있고, 점차 증가하고 있으며, 항공, 선박, 인구 증가 등 어쩔 수 없이 배출되어야만 하는 곳이 있습니다. 그래서 우리는 이산화탄소를 대기 중에서도 없애야만 1.5°C의 목표를 달성할 수 있습니다.

두 번째 질문은 **“그러면 공기 중 CO2를 없애는 기술 중 왜 DAC인가?”**입니다.

이산화탄소를 없애는 가장 대표적인 방법은 나무를 심는 것으로 비용도 적게 들고 손쉬운 방법입니다. 그러나 나무를 심으려면 넓은 땅과 많은 물이 필요하고, 온도 조건도 맞아야 합니다. 게다가 나무가 자라려면 시간도 오래 걸리게 됩니다.

그런데 DAC 기술의 필요한 땅은 나무 심을 때의 1/500 수준이면 되고, 기후 조건도 영향이 적습니다. 그리고 무엇보다도 빠르고 대량으로 탄소를 제거할 수 있다는 장점이 있습니다.

세 번째 질문은 **“DAC 기술은 돈이 되는가?”**입니다.

“Yes, but not now.”입니다. 즉, “돈은 된다, 하지만 지금은 아니다.”입니다.

먼저 시장을 보면, 국제에너지 기구인 IEA 보고서에 따르면 2022년 DAC로 포집하고 있는 CO2 양은 약 7,700톤이나 2050년에는 약 127,000배 규모인 9억8천만 톤으로 연평균 50%가 넘게 성장이 예측됩니다. 2050년 포집된 CO2 가격을 톤당 100달러라고 가정하면 1,000

억 달러, 약 130조 원의 시장이 됩니다.

비용 측면에서 보면, CO2 포집 단가는 현재 톤당 540달러로 비용이 높습니다. 이러한 비용을 기술개발과 대규모 실증을 통해 2050년까지 톤당 100달러 아래로 낮추어야 할 것입니다.

네 번째 질문은 “선진국의 동향은 어떠한가?”입니다.

이미 18개의 DAC 플랜트가 운영 중에 있으며, 9개는 개발 진행 중에 있습니다. 그리고 다수의 R&D가 진행되고 있습니다.

선진국에서는 기업 참여를 장려하기 위해 여러 가지 정책과 재정을 지원을 하고 있습니다. 미국의 예로 45Q 세액 공제, 인플레이션 감축법, 36억 달러 규모의 DAC 허브 구축 비용 지원, 1,300억 원에 달하는 포집 설비 타당성 검토 및 디자인 지원, 1,000억 원 규모의 원천 기술 연구 지원 등, 초기 진입 및 상용화를 위한 지원을 대대적으로 하고 있습니다.

그러면 이제 “GS건설은 무엇을 하려는 것인가?”라는 것에 대해 말씀드리고자 합니다.

첫째로 우수한 국내 연구진과 공동 연구를 수행하여 DAC 원천기술 확보를 추진할 것입니다. 현재 이를 위해 에너지기술연구원, 카이스트, 고려대와 함께 DAC 원천기술을 공동 개발하고 있습니다.

둘째로 국내 제작사 발굴 및 기자재 R&D 추진으로 원가 경쟁력 확보 및 기업 간 상생 모델을 발굴하고자 합니다.

셋째로는 해외 선진사 벤치마킹 및 스타트업을 발굴하여 선진사와의 갭을 빠르게 단축하고자 합니다.

이제 마지막 주제로 국회와 정부에 제안을 하나 드리고자 합니다.

2030년까지 DAC 기술을 사용하여 공기 중 이산화탄소를 연 10만 톤 포집하자는 것입니다.

조금 구체적으로 설명 드리면, 현재 선진사인 Climeworks가 공사 중인 36,000톤급 규모 3기를 건설하여 운영하자는 것입니다.

이를 실행하기 위해서는 첫째, 원천기술 및 DAC 시스템 연구 속도를 더 내야 합니다. 이를 위한 정부 지원이 더 필요합니다.

둘째는 DAC 시장 조성입니다. 배출권 거래제와 같은 규제 시장이 아니라 자발적 탄소 시장 활성화, 국내 저장소 개발, 탄소 재활용 시장 지원 등, 규제하는 시장에서 장려하는 시장으로의 변화가 있어야 합니다.

그리고 셋째는 DAC도 포함된 CCUS 법안, 그리고 DAC로 감축한 양에 대한 감축량 인정

등 제도적 뒷받침이 있어야 합니다.

이상의 세 가지 이외에 무엇보다 중요한 것은 공기 중의 이산화탄소를 제거하는 것에 대해 가슴으로 이해하고 한 발이라도 즉시 나아가는 행동이라고 생각합니다.

이상으로 DAC에 대한 간략한 의견을 드렸습니다. 경청해 주셔서 감사합니다.

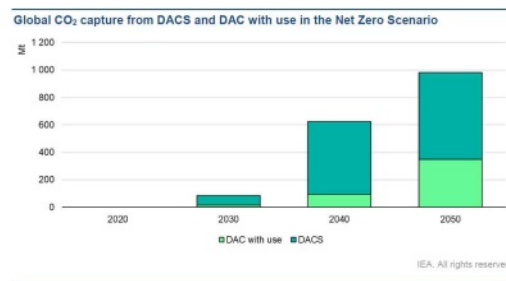
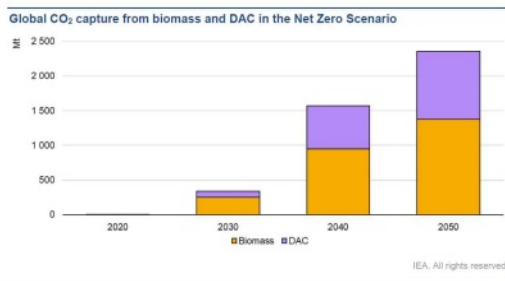
토론 4

이찬영 | 과학기술정보통신부 기후환경대응팀장

■ 공기 중 직접포집(DAC) 기술 현황 및 정부 지원방향

1) 글로벌 CO₂ 포집 전망

- 국제에너지기구(IEA)는 「Net Zero by 2050」에서 CCUS(Carbon Capture Utilization & Storage) 기술의 기여도를 총 CO₂ 감축량의 18% 수준으로 제시하였음
- 이산화탄소 감축의 핵심기술인 DAC(Direct Air Capture)을 통해 연간 약 10억 톤 규모의 CO₂를 포집할 것으로 전망(21)



2) 국내 CO₂ 포집 전망

- 탄소중립 2050 시나리오(B안)에 따르면 DAC 기술로 연간 약 7.4백만 톤 규모의 CO₂를 포집하는 것을 목표로 설정

3) DAC 기술개발 필요성

- 저탄소 공정개발, 신재생에너지 발전 비율 확대에도 불구하고, 불가피하게 배출된 CO₂의 처리를 위한 기술이 필요.
- (기존 CCU 기술 한계 극복) 고농도 CO₂를 활용하는 CCU 기술의 고비용 구조 극복 및 감축효과 극대화를 위해 DAC 기술 확보가 요구
- (경제적 효과) 배출권거래제 시행에 따라 '70년 연간 \$100억*의 탄소배출권 시장이 열릴 것으로 기대되는 등 시장선점을 위한 대응 필요

* 배출권거래제 가격을 톤당 \$10로 가정(유럽 배출권 가격은 80~90유로 수준)

4) 정부 지원 필요성

- DAC는 탄소중립 실현을 위한 핵심기술임에도, 다른 CCUS 기술에 비해 기술성숙도가 낮아 기업주도 연구개발에 제약이 있어, 소규모 실증단계까지는 정부 주도의 기술개발 필요

5) 해외 DAC 지원현황

- DAC를 포함한 CCUS 설비구축 또는 관련 프로젝트에 대한 세금 공제 등 정책지원 확대
 - (미국) 발전 및 산업부문 CCUS 기술에 재정지원* 강화(IRA)
 - * 이산화탄소 포집·저장(CCS) \$85/톤CO₂, 이산화탄소 포집·활용(CCU, 석유회수증진(EOR) 포함) \$60/톤CO₂, 공기 중 직접 포집·저장(DACCS) \$180/톤CO₂, 공기 중 직접 포집·활용(DACCU) \$130/톤CO₂
 - (캐나다) DAC 60%, CCS 50%, 수송·저장 및 활용 37.5% 투자비 세금 공제

6) 국내 DAC 지원현황

- 국내 DAC 연구는 대부분 원천기술 개발단계로, DACU(DAC, RCC) 원천기술 확보를 위해 국책연구과제*(1개) 지원 중
 - * (DACU 원천기술개발) '23~'25 / 196.8억 원('24년 47.76억 원)
 - (국책과제 주요내용) 2030 NDC 달성 및 2050 탄소중립 실현을 위한 ① 공기 중 직접포집(DAC)과 ② 동시포집전환(RCC) 원천기술 확보
 - ① (직접공기포집 원천기술 및 단위모듈 개발) 공기 중 400ppm 수준의 희박농도 조건에서를 효과적으로 포집할 수 있는 혁신소재와 흡착 효율을 극대화하기 위한 공정적용 기술개발
 - 10Kg/일 규모의 CO₂를 처리할 수 있는 DAC 공정기술개발
 - ② (이산화탄소 동시포집전환 원천기술개발) CO₂를 포집과 동시에(포집체-이산화탄소 분리 없이) 유용화합물(메탄, 연료전구체 등)로 직접 전환하기 위한 원천기술개발
 - 200Nm³/일 공기 처리 규모의 RCC 실증 프로토타입 구축

7) 향후 계획

- DAC를 포함한 CCUS의 민간확산을 위해 「이산화탄소 포집·수송·저장 및 활용에 관한 법률」 마련 등 법·제도 개선 병행 추진

